

Frenamiento, fragmentación y formación de cráter causado por colisiones de granos de alta porosidad

Planes M.B. (belenplanes.88@gmail.com), Millán E.N. (emmanuel.millan@gmail.com), Bringa E.M. (ebringa@yahoo.com)
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNCuyo

Resumen

Colisiones entre granos y aglomeraciones de granos son de importancia en astrofísica para estimar la evolución de nubes de polvo interestelares, sistemas protoplanetarios, anillos planetarios, etc. Las aglomeraciones de granos generalmente poseen alta porosidad.

Este trabajo presenta simulaciones computacionales de dinámica de sistemas granulares para recrear impactos de proyectiles porosos en blancos porosos, que representan un grano mucho mayor. La porosidad del proyectil lleva a su desintegración durante el impacto. Se estudian las dimensiones del cráter resultante (diámetro y profundidad), como función del tamaño del proyectil aproximadamente esférico, y de la velocidad inicial del proyectil.

Objetivo

- Estudiar colisiones entre proyectiles y superficies de alta porosidad, relevantes para granos interestelares [1,2,3].
- Investigar la dependencia del volumen del cráter respecto a variables tales como velocidad, tamaño, y energía total del proyectil, expandiendo el trabajo de [4] a proyectiles multigranulares.
- Comparar con modelos existentes, a nivel continuo.

Metodología

- Utilizamos Dinámica Molecular, Molecular Dynamics (MD), con el software LAMMPS (lammps.sandia.gov).
- Utilizamos mejoras implementadas en el código recientemente [3,4], que permiten una mejor descripción de las fuerzas de fricción y adhesión granulares.
- Granos de sílica de 0.8 micrones de radio

Estado inicial

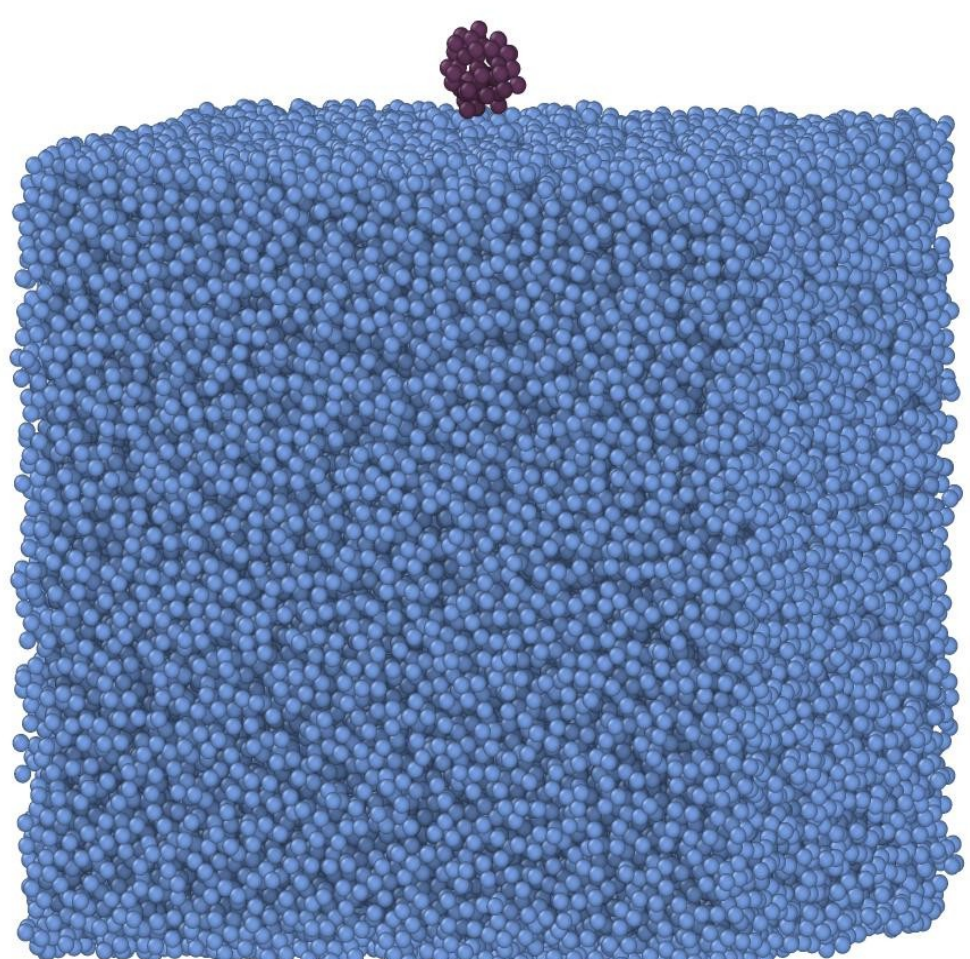


Fig. 1 Momento inicial. Proyectil (partículas del proyectil en violeta) a punto de impactar con la superficie (partículas del blanco en celeste)

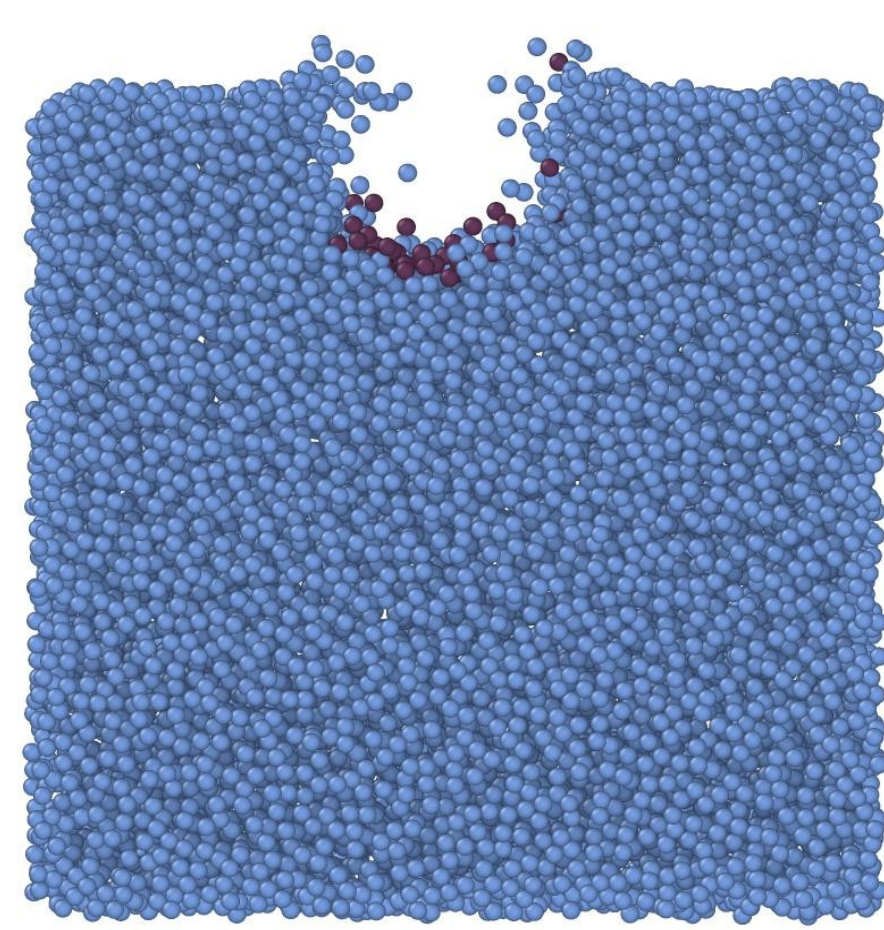
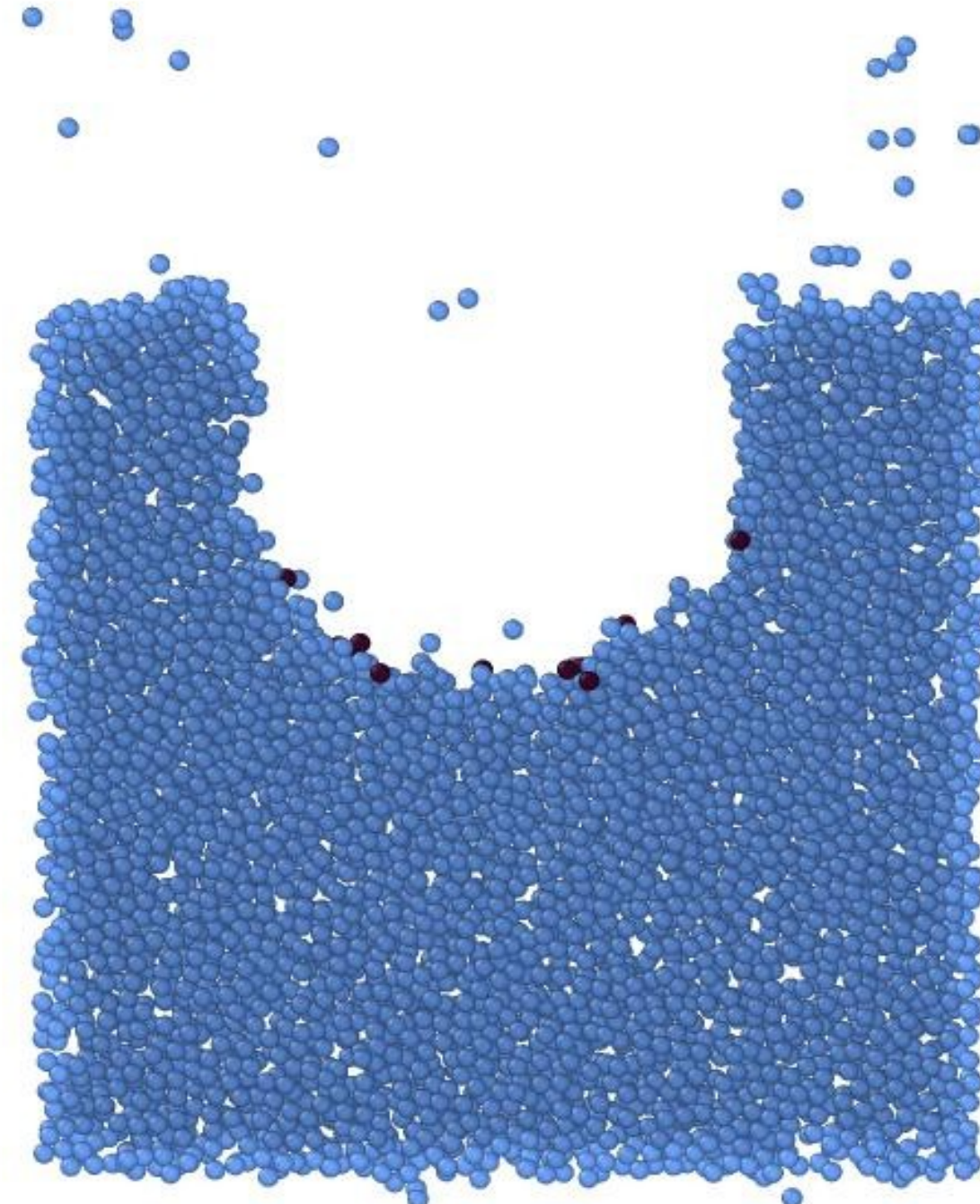


Fig. 2 El proyectil impacta en el blanco. Se muestra la imagen a los 0,5 microsegundos a partir de que se inicia el proceso.

Formación del cráter

Fig.3 Estado final. Cráter formado por el impacto de un proyectil de 50 partículas (destacadas en color violeta), que impacta con una velocidad inicial de 20 m/s contra el blanco (partículas en celeste).



Resultados

Depth vs number of particles in projectile

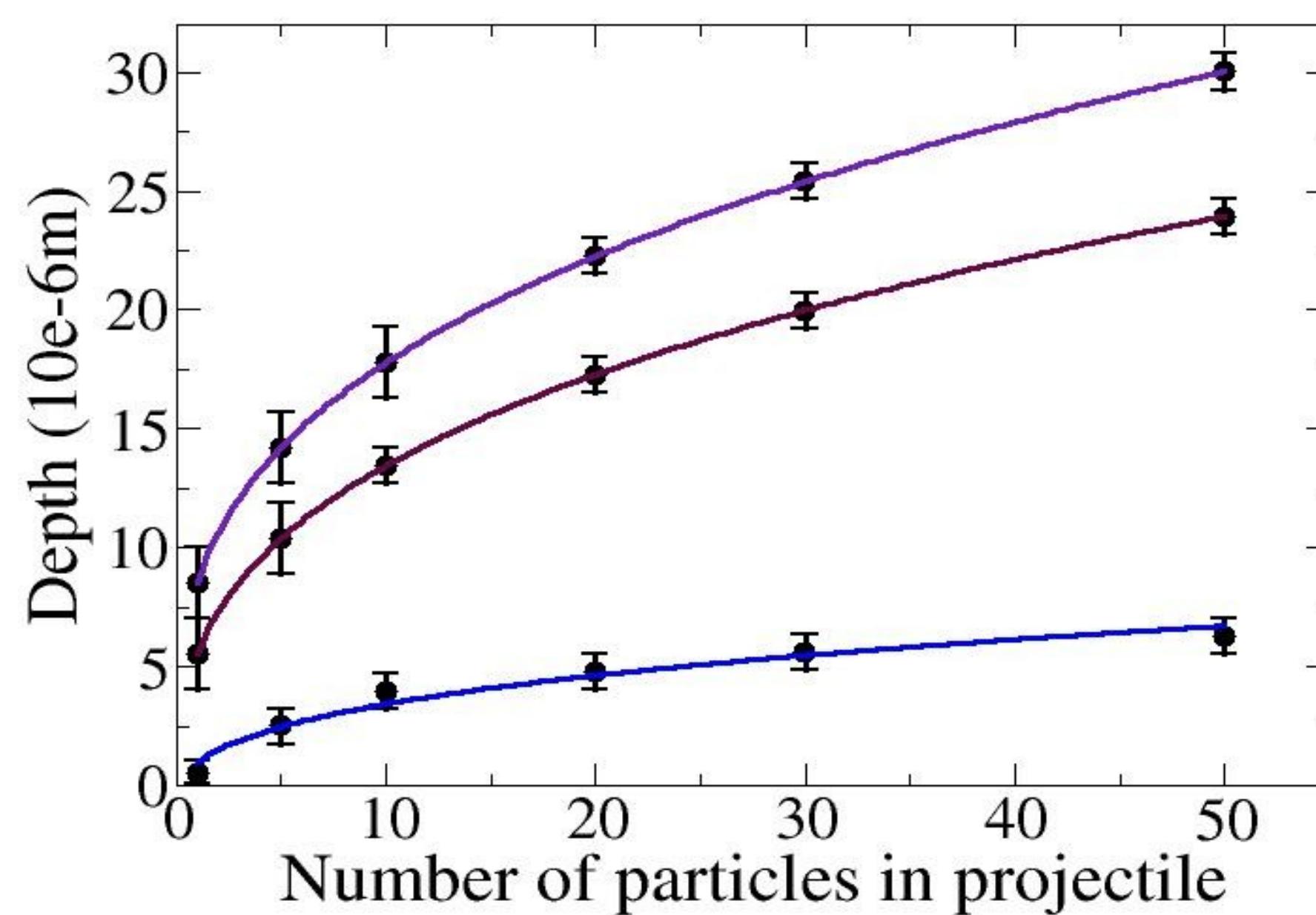


Fig. 4 Profundidad del cráter en función del número de partículas en el proyectil. Las líneas son fits siguiendo una ley $N^{1/3}$. La curva azul modela para una velocidad inicial de 1m/s, la violeta para una velocidad inicial de 10m/s y la lila para una de 20m/s.

Diameter vs Number of particles in projectile

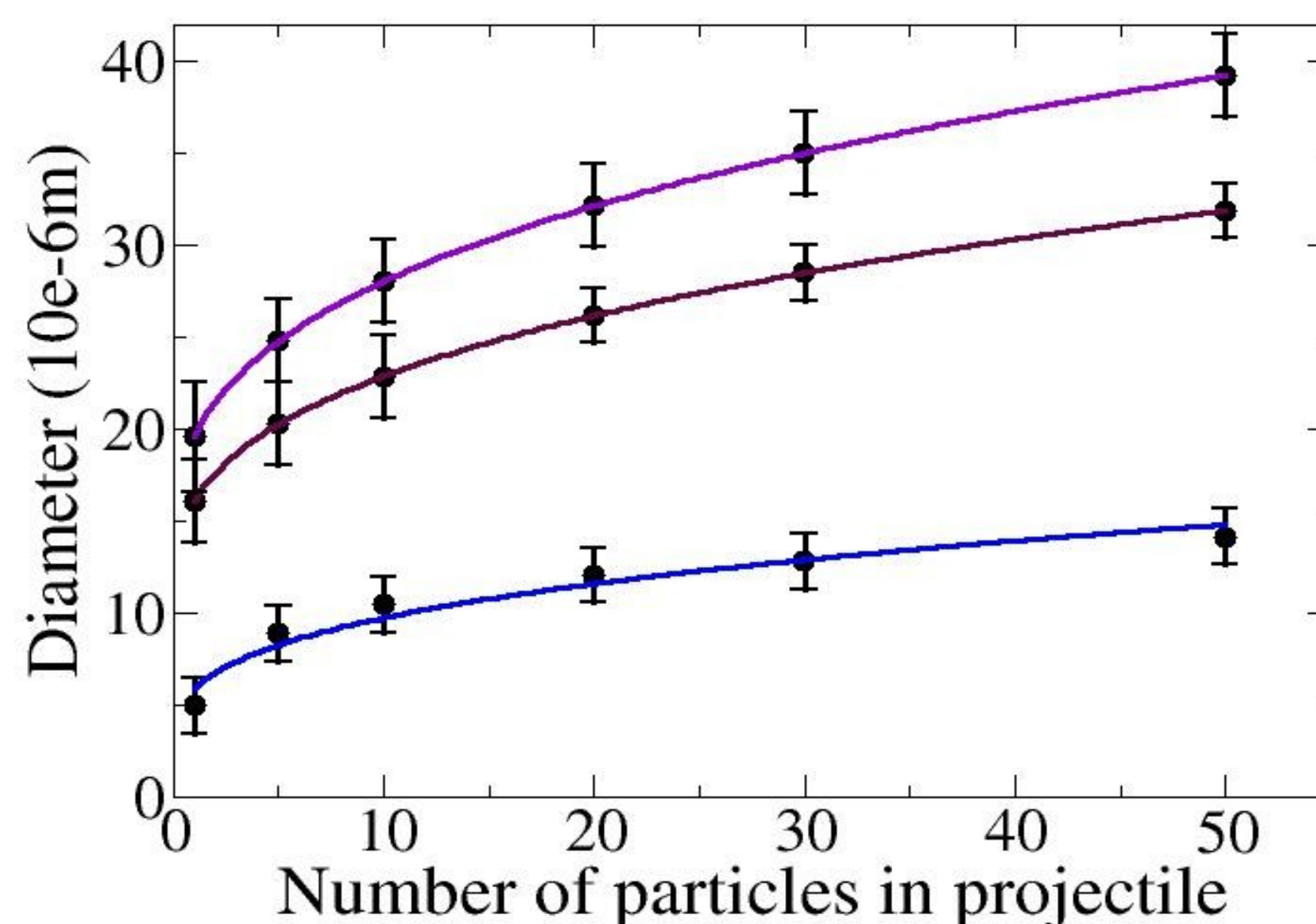


Fig. 5 Diámetro del cráter en función del número de partículas en el proyectil. Las líneas son fits siguiendo una ley $N^{1/3}$. La curva azul modela para una velocidad inicial de 1m/s, la violeta para una velocidad inicial de 10m/s y la lila para una de 20m/s.

Resultados

Volume vs Number of particles in projectile

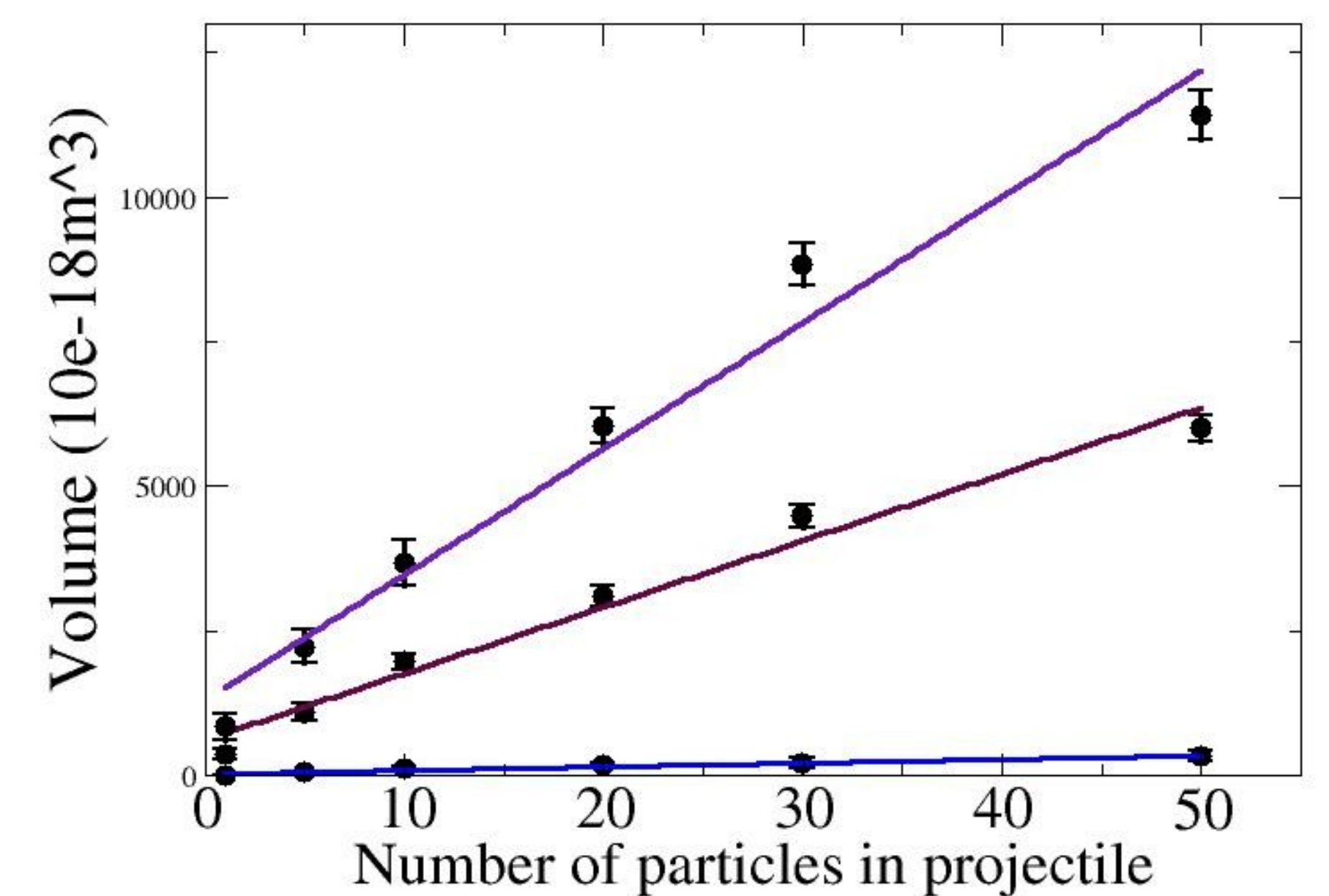


Fig.6 Volumen vs N. Las líneas son fits que siguen una función lineal. Diferentes colores pertenecen a las diferentes velocidades como en los gráficos 4 y 5.

Volume vs total energy

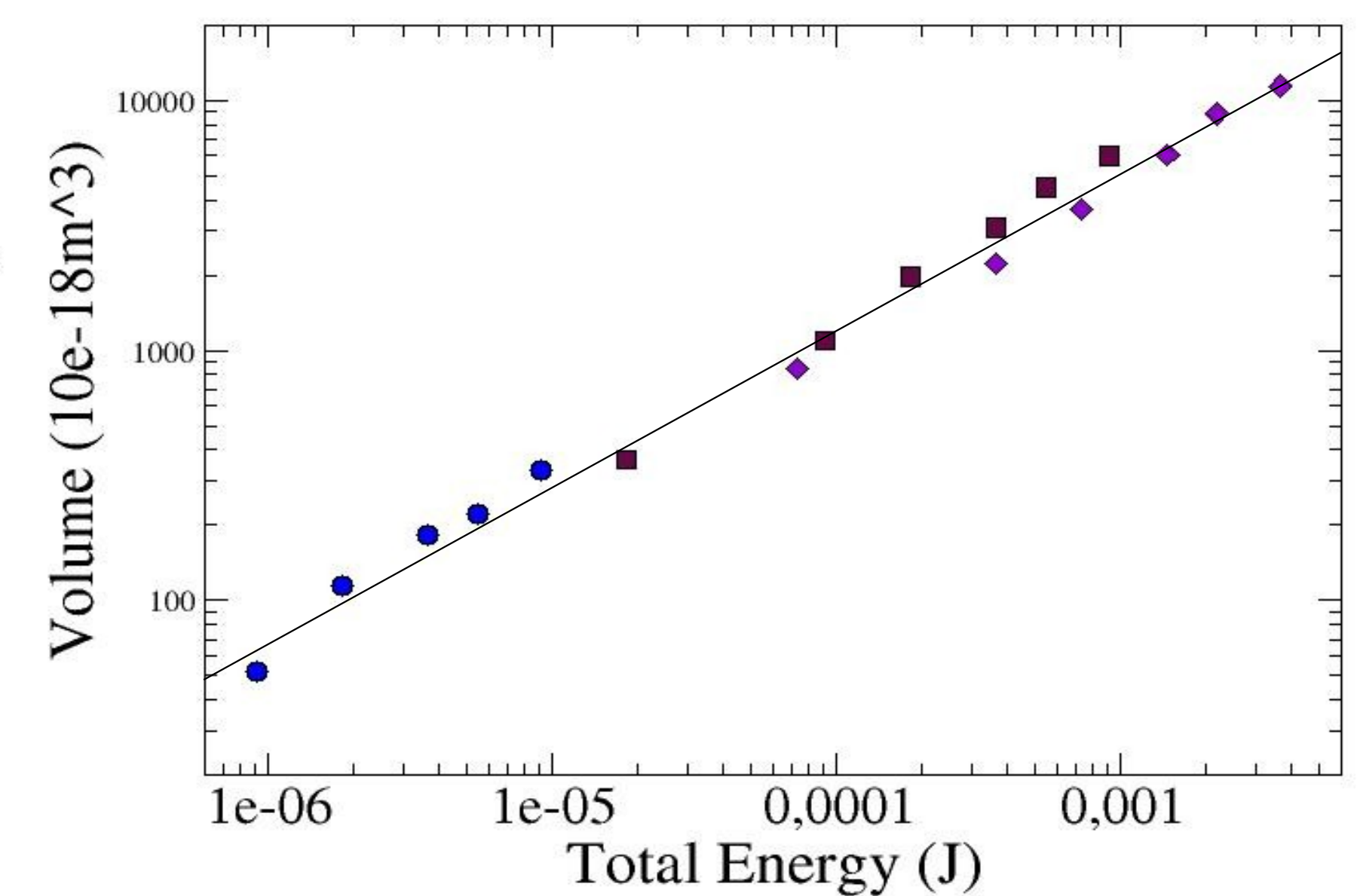


Fig. 7 Gráfico a escala logarítmica. Volumen vs Energía total. Los círculos azules representan velocidad 1m/s, los cuadrados violetas velocidad 10m/s y los diamantes lilas velocidad 20m/s

Si uno asume un cráter aproximadamente elíptico, y que la energía disponible en el proyectil se utiliza íntegramente para crear el cráter, entonces se espera que tanto la profundidad como el diámetro del cráter crezcan como $N^{1/3}$, y que el volumen del cráter crezca como N para una velocidad fija, y lineal con la energía total.

Conclusiones

En este estudio se comprueban las leyes de escala simples esperables para proyectiles y blancos compactos, pero para proyectiles mayores, pueden aparecer efectos de "escudo" y efectos de fricción que no aparecen en sólidos compactos [5]
Futuro cercano: estudiar distribución de granos del proyectil, estudiar en detalle geometría del cráter y comparar con leyes de escala de modelos continuos.

Bibliografía

- (1) G. Caballero, R. Bergmann, D. van der Meer, A. Prosperetti, and D. Lohse, Phys. Rev. Lett. 99, 018001 (2007).
- (2) K. Wada, H. Tanaka, T. Suyama, H. Kimura, and T. Yamamoto, Astrophys. J. 737, 36 (2011)
- (3) C. Ringl and H. M. Urbassek, Comput. Phys. Commun. 183, 986 (2012).
- (4) C. Ringl, E.M. Bringa, D.S. Bertoldi, and H.M. Urbassek, Astrophys. J. 752,151 (2012)
- (5) C. Anders, E.M. Bringa, G. Zeigenhain, G.A Graham, J.F. Hansen, N. Park, N Teslich and H.M. Urbassek, Phys. Rev. Lett. 108, 027601 (2012)